

行政院及所屬各機關出國報告

(出國類別：實習)

特殊保護系統新技術

服務機關：臺灣電力股份有限公司
出國人職稱：八等電機工程師
姓名：陳化乙
出國地區：日本、美國
出國日期：92年8月11日至92年8月25日
報告日期：92年10月8日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：特殊保護系統新技術

C 09203636

頁數 32 含附件：是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：臺灣電力公司/陳德隆/02-23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

陳化乙/臺灣電力公司/電力調度處/八等電機工程師/02-23667453

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：92.08.11—92.08.25 出國地區：日本、美國

報告日期：92.10.08

分類號/目

關鍵詞：特殊保護系統

內容摘要：(二百至三百字)

日本東京電力公司為目前有裝設特殊保護系統的公司之一，研習該公司如何設計特殊保護系統，並模擬當系統發生事故時之應變措施，進而瞭解特殊保護系統之整體架構。參加 SEL 及 RFL 兩家公司之短期訓練課程，認識並瞭解這兩家公司如何運用數位電驛來保護系統，並運用通訊技術將系統訊息傳送到控制端，一方面節省去現場取得資訊人力，一方面操作員可以利用終端機取得各變電所之情況及事故記錄，對於未來設計特殊保護系統有莫大的助益。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網 (<http://report.gsn.gov.tw>)

目 錄

	頁次
壹、 前言	1
貳、 出國行程	2
參、 日本東京電力公司	3
肆、 SEL 公司研習系統保護技術	11
伍、 RFL 公司研習系統保護技術	21
陸、 心得與建議	31

壹、前言

電力為工業之母，亦是經濟發展的基礎，舉凡所有的農業、工業、政府機關及相關部門，甚至於一般民眾，對於電力的需求與日遽增，電力成為日常生活中不可或缺的物质之一。

近幾年來由於人們對於電力的需求增加，但是發電、輸電及配電設備並沒有因此而增加，對於電力的發展遭受到空前未有的阻力。此外南電北送情況嚴重，由於負載中心與電源端相距過遠，南部剩於電力必須要靠三回路的超高壓輸電線路將南部的電源傳送到北部負載中心，一方面增加系統線路損失，一方面也增加電力系統不穩定性。

民國八十八年發生七二九重大事故，為避免類似此重大事故再度發生，參考世界各國的運轉經驗，研擬引進新的科技技術，計畫裝設「特殊保護系統」，以期在事故發生時，能夠迅速處理，並將事故對系統的衝擊降到最低，因此前往日本東京電力、SEL公司及RFL公司研習特殊保護技術，可以從他們運轉多年經驗之中獲得許多寶貴的實務經驗。並且與這些電力專家們交換寶貴的意見及建議，對本公司特殊保護系統之規劃與建構工作將有極大的助益。

貳、出國行程

起始日 ~迄止日	天數	前往機構國家，城市	詳細工作內容
920811	1		往程 (中正機場-日本東京)
920812	1	日本東京 東京電力公司(TEPCO)	研習特殊保護系統
920813	1		往程 (日本東京-中正機場-西雅圖-Pullman)
920814 ~920815	2	美國 Pullman SEL 公司	研習特殊保護技術
920816			往程 (Pullman-西雅圖-Boonton)
920817 ~920823		美國 Boonton RFL 公司	研習特殊保護技術
920824			返程 (Boonton-舊金山-中正機場)

備註：

SEL 公司：2350 NE Hopkins Court - Pullman, WA 99163

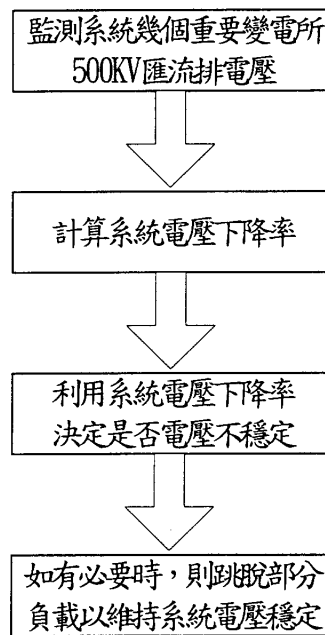
RFL 公司：353 Powerville Road, Boonton Township, NJ 07005-9151

參、東京電力公司

在東京電力公司的行程中，主要研習特殊保護系統之課程，分別針對電壓穩定度、暫態穩定度、電驛設定等課題作一系列的討論，其分述如下：

一、利用特殊保護系統防止電壓不穩定

目前東京電力目前安裝低電壓電驛 (Under Voltage Relay)，當偵測到系統電壓有異常現象，而造成系統發生電壓崩潰情形時，則跳脫部分負載 (Load shedding) 以避免電壓崩潰情況，有關控制邏輯如下圖所示：



圖一 低電壓電驛動作邏輯

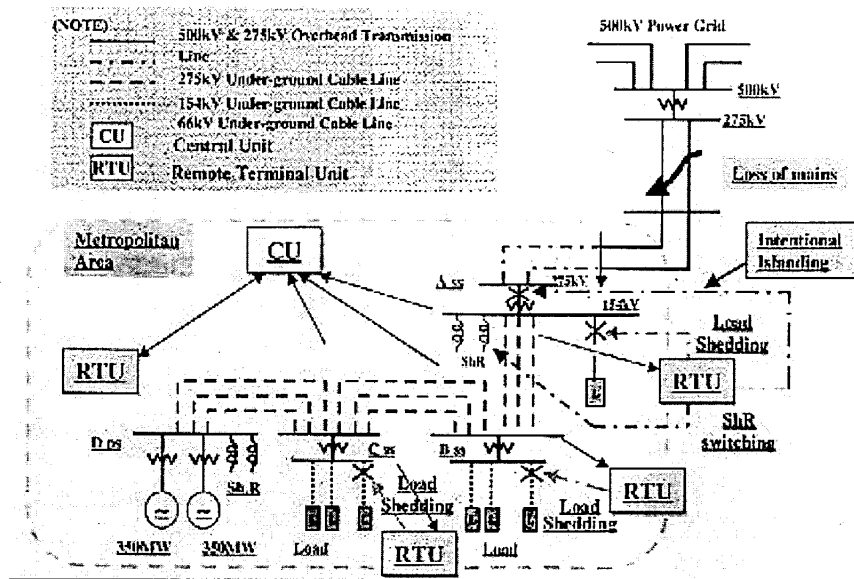
目前有兩種判斷邏輯，來決定系統是否發生電壓崩潰情況：

第一種邏輯判斷：

- 偵測系統電壓下降率 (KV/Minutes)
- 有六種標置來偵測系統電壓變動率，以防止系統發生擾動或事故時造成電壓崩潰。
- 當電壓發生不穩定時，延遲電驛則開始動作，若電壓恢復穩定時，則不做負載跳脫；若電壓仍持續下降時，則電驛中之中央處理器計算出負載跳脫量，送到 RTU 中，將部分負載跳脫，使電壓趨於穩定。

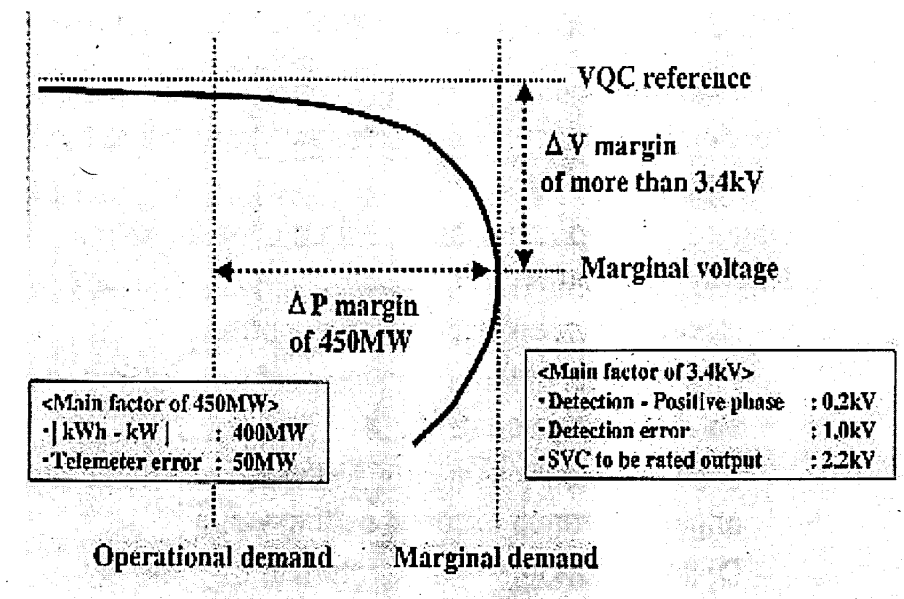
第二種邏輯判斷：

- 電壓持續下降 1 秒鐘。
- 延遲電驛開始動作，以防止因電力搖擺 (Power swing) 而造成系統狀況變差。
- 當電壓發生不穩定時，延遲電驛則開始動作，若電壓恢復穩定時，則不做負載跳脫；若電壓仍持續下降時，則電驛中之中央處理器計算出負載跳脫量，送到 RTU 中，將部分負載跳脫，使電壓趨於穩定。圖二為負載部分跳脫示意圖。



圖二 跳脫部分負載示意圖

每年東京電力公司會針對該公司電力系統網路結構作分析模擬 (使用 CRIEPIC 及 TEPCO 共同研發模擬軟體)，並考慮系統負載特性 ($P = \text{constant } I, Q = \text{constant } Z$)，模擬當負載以每分鐘增加 400MW (400MW/Min) 時，如遇系統發生 N-2 事故，繪製出 P-V 曲線，使調度運轉人員由此曲線得知系統運轉點離電壓崩潰點到底有多遠，並瞭解當系統發生電壓崩潰時之電壓下降幅度為何？其 P-V 曲線如圖三所示。



圖三 P-V 曲線

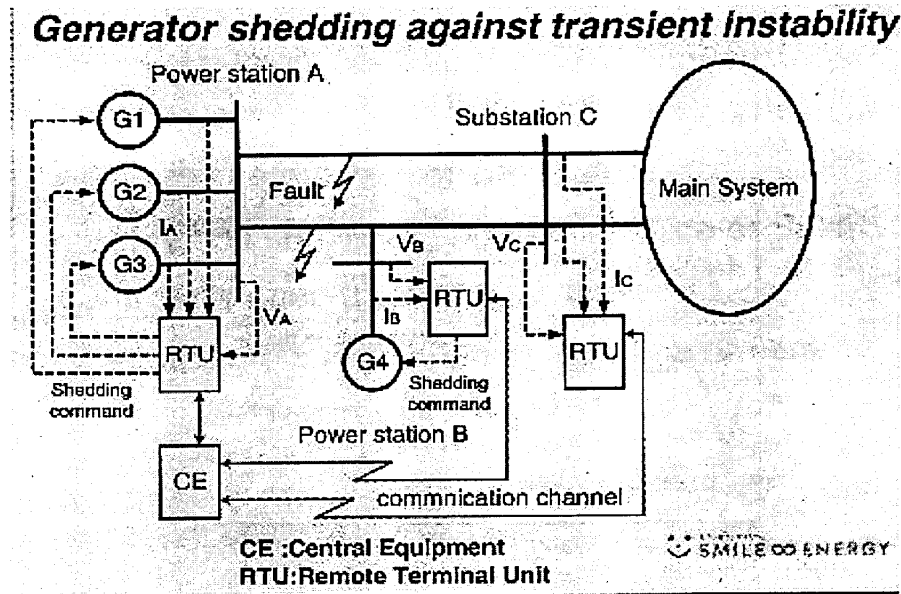
二、運用特殊保護系統防範系統暫態不穩定

該公司利用他們自行研發的軟體，每年將電力系統網路作評估檢討，避免系統如遇雙回路發生故障或因延遲將故障清除，而導致系統部分機組跳機，進而造成系統發生暫態不穩定現象。

東京電力公司將該系統等效成兩個機組模式，當系統發生上述事故時，先解出系統搖擺方程式 (Swing equation)，計算結果來比較兩機組之角度差，當兩機組角度差超過設定值而導致機組跳脫時，考量系統最佳化，將系統部分機組跳脫，使系統不致發生暫態不穩定現象。

當系統偵測出事故，則在故障發生的 300 毫秒內將部分機組由系統中切離，使系統不致發生暫態不穩定，並於控制中心及部分 RTU

裝設額外的電驛設備，並將變電所及電廠與該通訊網路連結，以期望能在系統發生事故時即時處理，以防止系統發生大停電事故。圖四為機組跳脫示意圖。

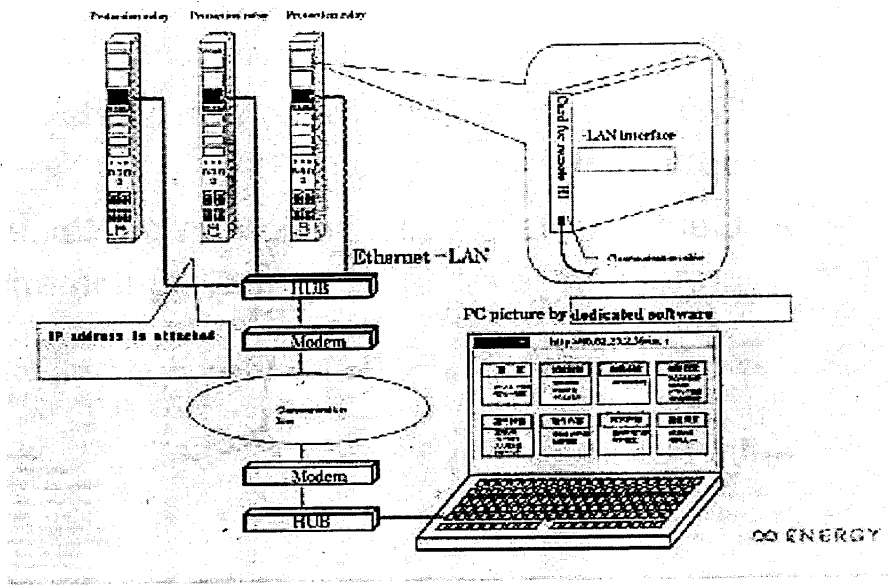


圖四 如遇系統發生暫態不穩定則跳脫部分機組示意圖

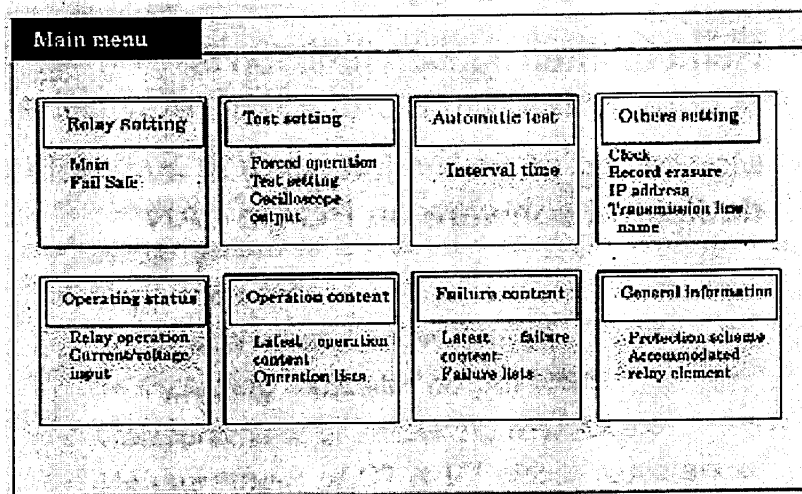
三、數位電驛裝設於特殊保護系統中

目前電驛已由傳統靜態電驛朝向數位化電驛，並且結合通訊技術，將傳統需要派工程師去現場修改電驛標置設定，晉升到只要透過通訊網路，由遠端連線即可做標置設定，一方面節省大量去現場更改標置設定值的時間，一方面因為所有的資訊都已數位化，能夠迅速收集系統資訊，判斷系統情況，如遇系統發生故障時，能夠迅速將故障清除等優點。圖五、圖六及圖七分別為數位電驛功能及通訊連結示意

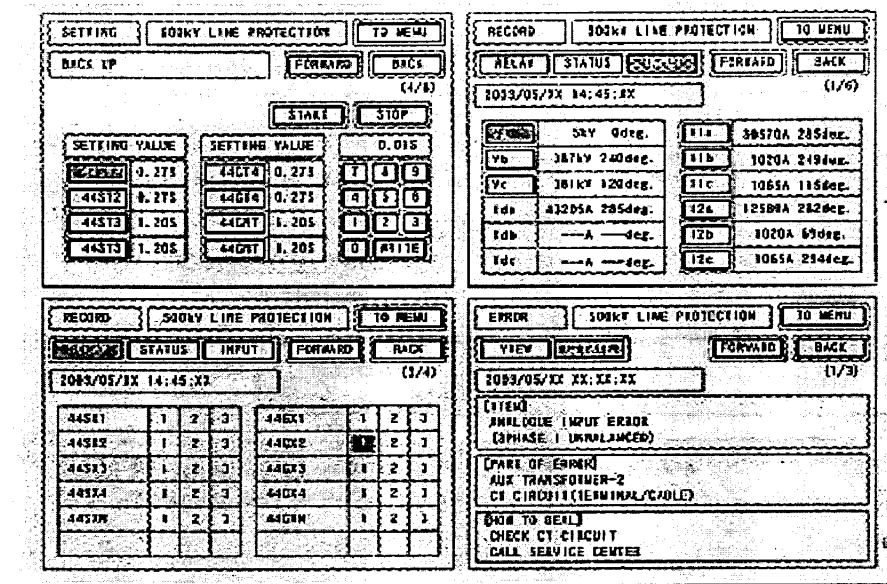
圖。



圖五 數位電驛與遠端終端機設備連接示意圖

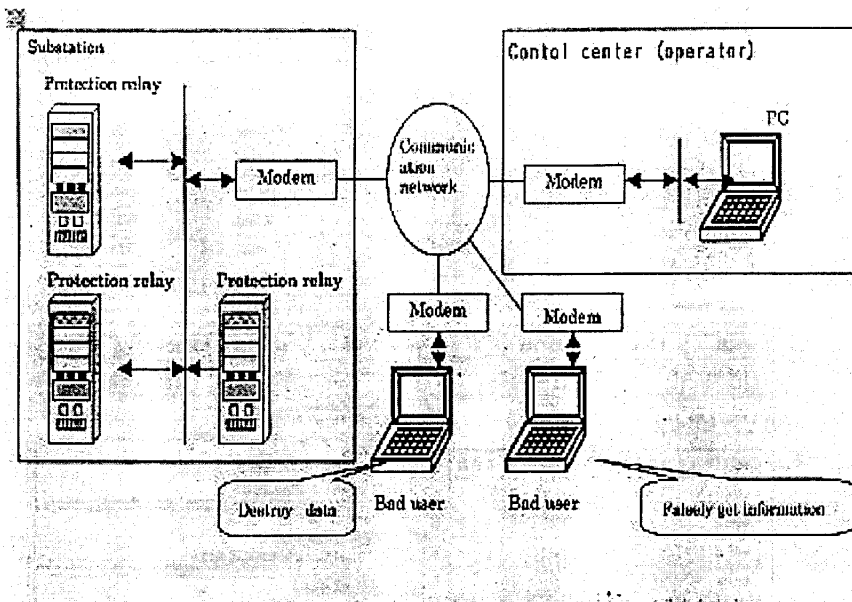


圖六 遠端控制功能說明

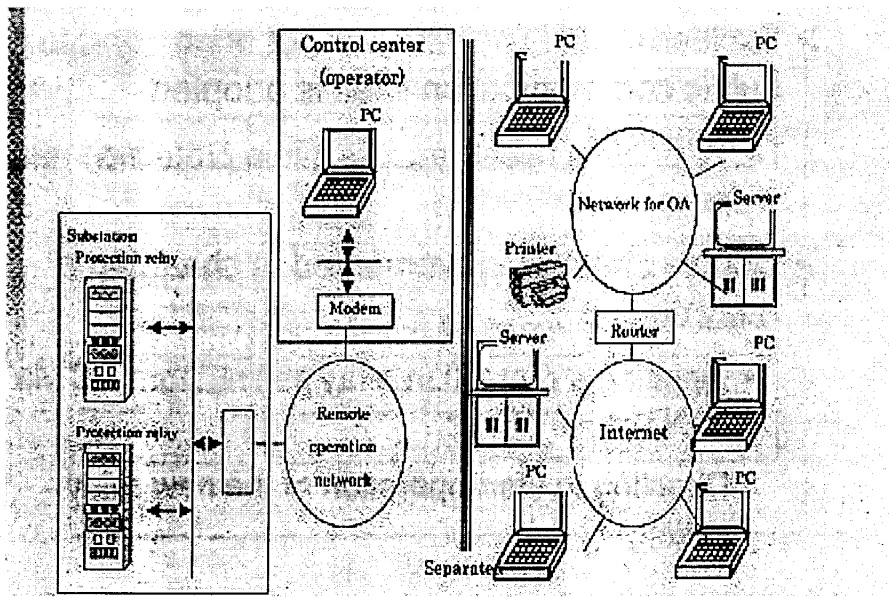


圖七 數位電驛面版資訊

由於數位電驛目前使用通訊網路來更改電驛標置值，但仍有通訊安全上的考量，因此將此標置值上傳至數位電驛中，並於上傳後再重新確認修正值，以避免因通訊造成資料上傳錯誤。圖八、圖九為通訊安全機制。



圖八 通訊網路安全機制（一）



圖九 通訊網路安全機制（二）

肆、SEL 公司研習系統保護技術

SEL 公司主要研習系統保護技術的課程，分成下列三大部分，其分述如下：

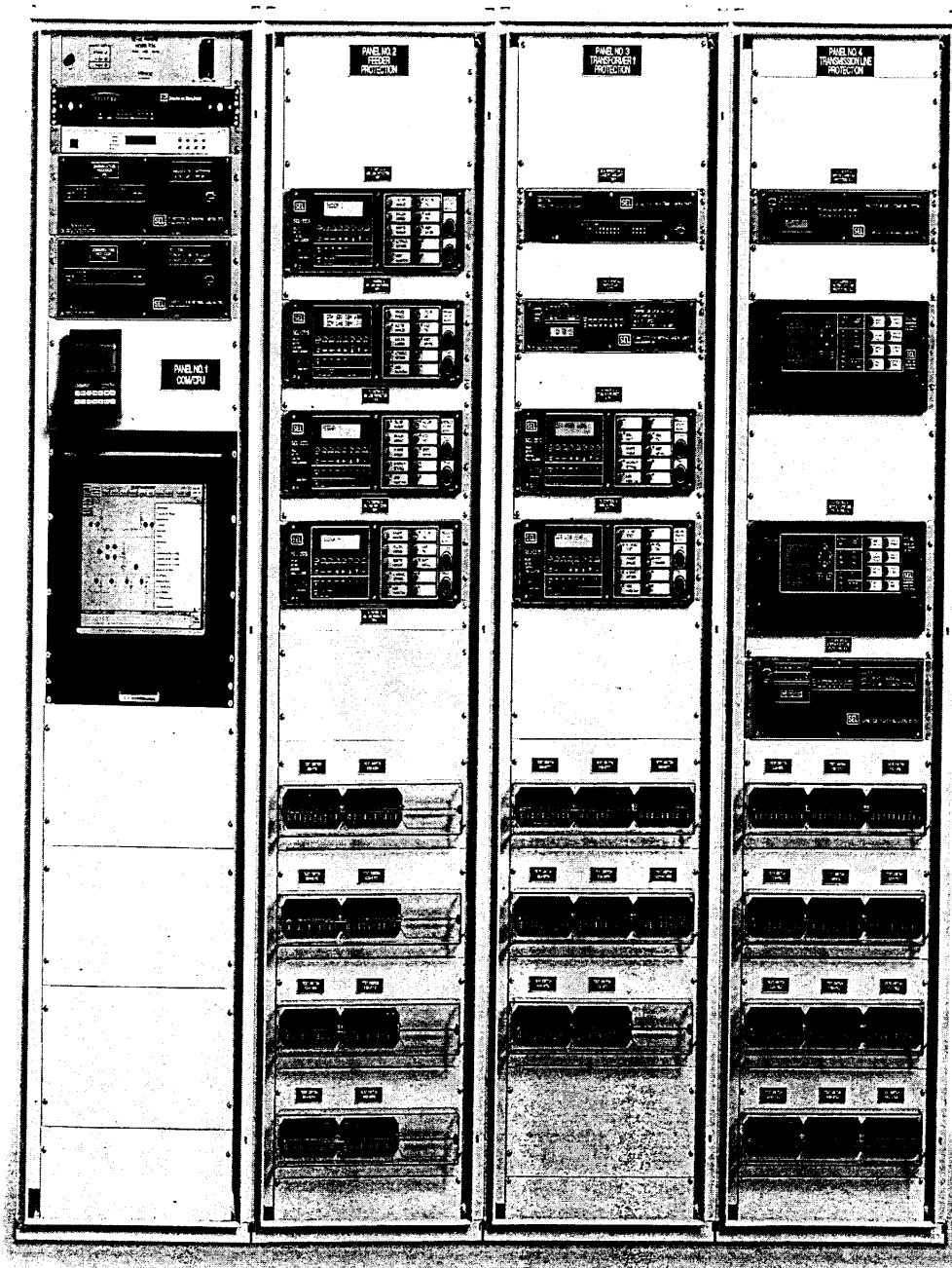
一、數位電驛介紹

傳統的數位電驛是利用機械結構，從系統中之比壓器、比流器等電器設備偵測到目前系統資訊，若系統發生異常情況時，將故障清除。傳統式電驛僅能做一項保護功能，且體積龐大、重量重等缺點，由於目前科技發展進步迅速，電驛由傳統機械式結構躍升到電子式結構，並將電子式接點取代傳統機械式接點，大幅減少電驛因接觸不良造成延遲跳脫機率，亦大幅減少本身電驛的體積及重量。結合類比-數位轉換技術，將原本類比資料量化為數位訊號，應用最新的分析技術，計算出目前系統的情況，如遇系統有異常情形時能夠迅速將事故清除。

二、整合式變電所系統(Integrated Substation System)

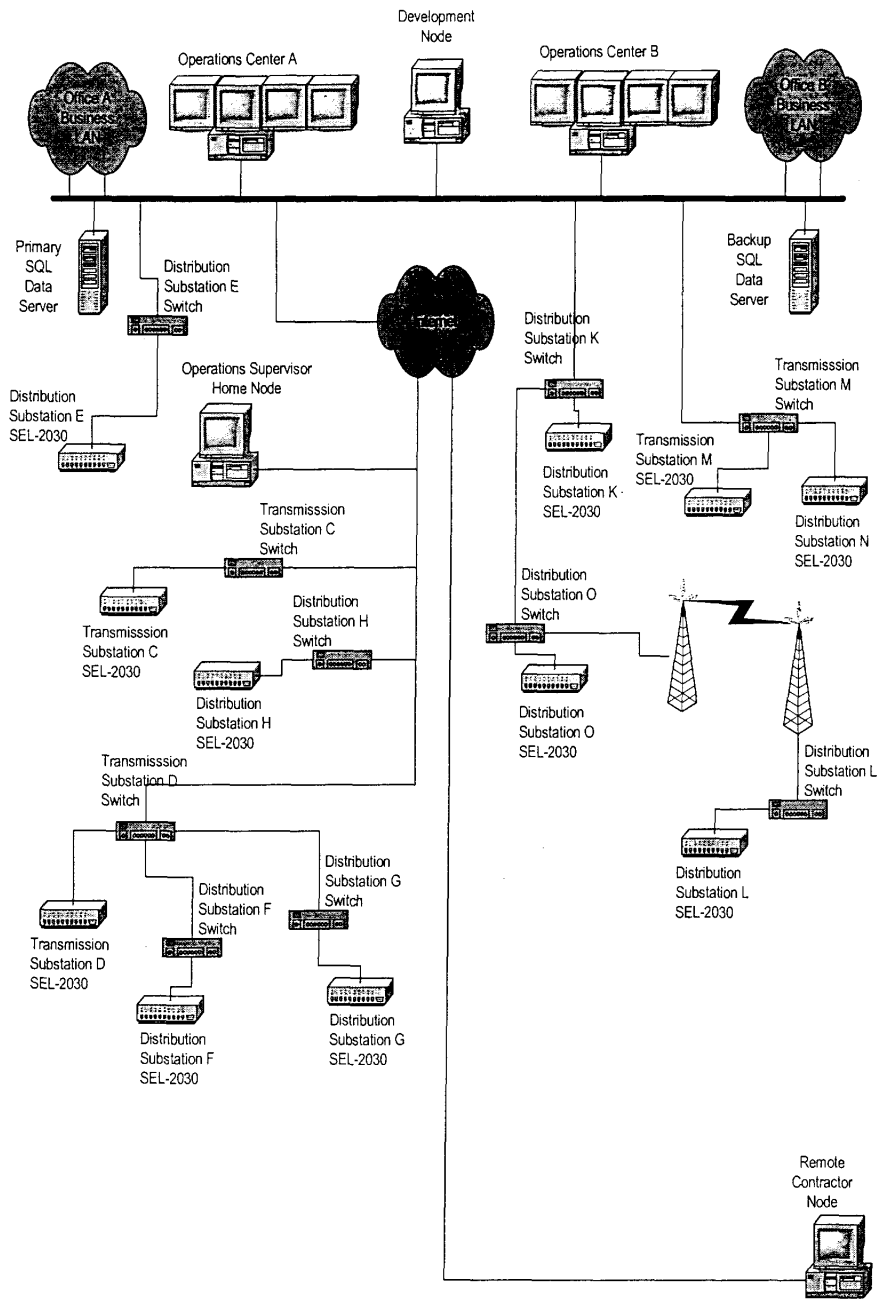
系統設備整合是未來發展的趨勢，目前 SEL 公司發展的整合式變電所系統係結合保護電驛、顯示器、設備診斷、儀表設備、監視設備、事故記錄器、通訊及控制單元結合在一個盤面上，控制或調度中心可以利用通訊網路來控制變電所之電驛動作，進而達到無人自動化

變電所設計，分別如圖十~十二所示。

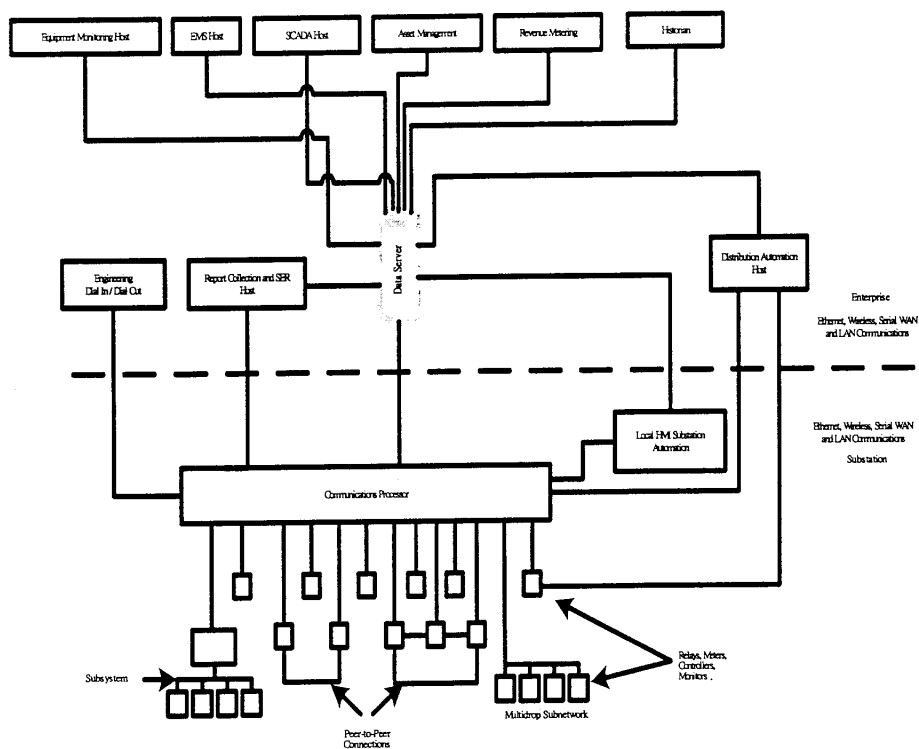


圖十 SEL-7000 Integrated Substation System

Remote SCADA Control Over VPN



十一 利用 Internet 及 LAN 通訊技術控制變電所電驛



圖十二 利用 Internet 及 LAN 方式連結圖

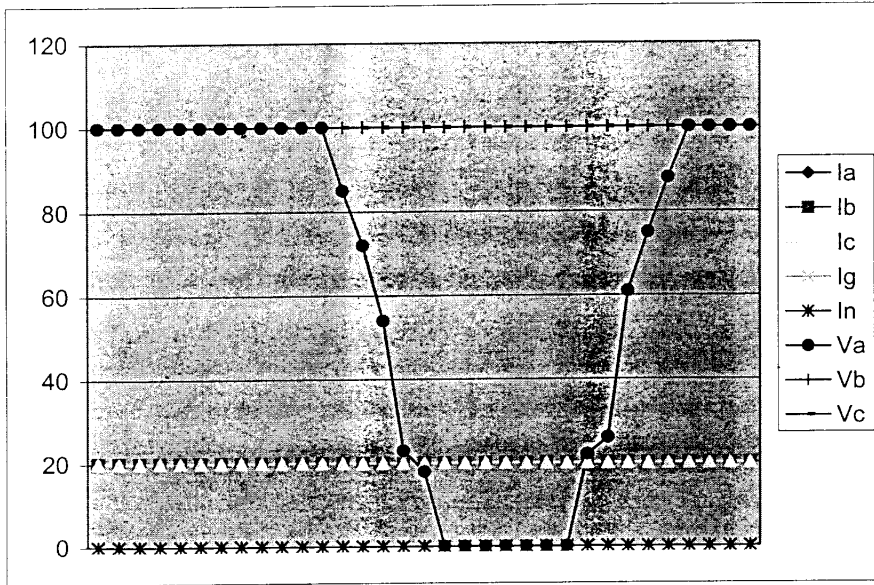
由圖十二中得知，利用目前通訊技術，將變電所資訊利用通訊處理器傳回至控制中心，當系統發生事故時，電驛將事故清除，並將事故資訊經由通訊網路傳回至控制中心。

操作員因系統需要將斷路器投入或打開，亦可透過網路下達操作指令，通訊處理器接收訊號後按照操作員指令做投入或打開動作。電驛標置人員亦可以依據目前電力網路修正其標置設定值，而不需要派人到變電所去更改其標置設定值。

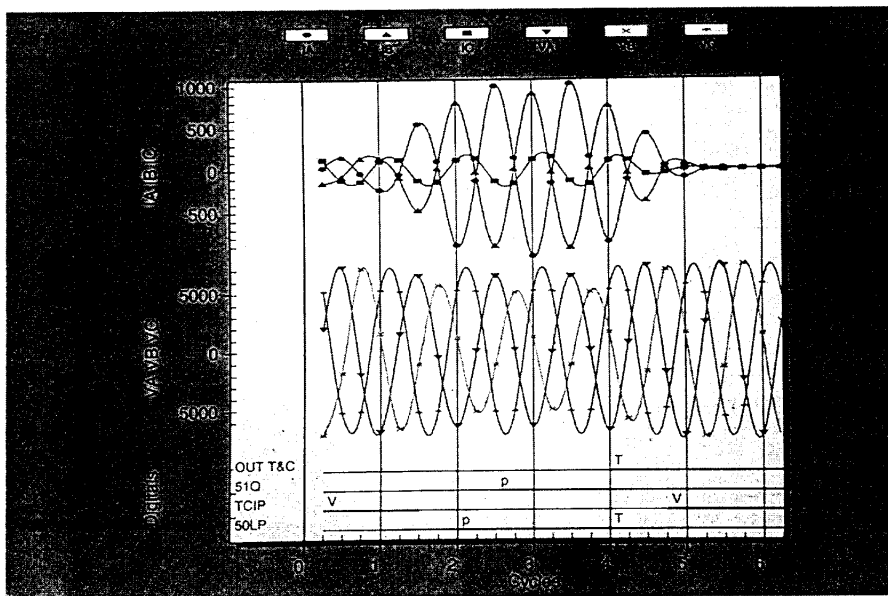
目前數位電驛隨時監測變電所所有資訊，並將變電所資訊製作成報表，可以讓操作者瞭解目前系統狀況，並且監視系統電壓是否有異常現象，如發生事故時，可從事故記錄器將資料檔案讀出，將其檔案轉換成波形訊號，讓分析者更快查明事故原因。其收集資料如圖十三～十六所示。

Date	Equipment	Device	Element	Description	State	Operator Comments
▲ 11/17/2000 07:46:38 722	Caps44kV	SEL351-7	IN204	VS-71 Position	Open	
11/17/2000 07:57:22 890	Caps44kV	SEL351-7	IN101	Breaker Position	Closed	
▲ 11/17/2000 07:57:40 601	Caps44kV	SEL351-7	IN101	Breaker Position	Open	
11/17/2000 07:59:07 631	Caps44kV	SEL351-7	IN101	Breaker Position	Closed	
▲ 11/17/2000 07:59:32 556	Caps44kV	SEL351-7	IN101	Breaker Position	Open	
11/17/2000 07:59:42 645	Caps44kV	SEL351-7	IN101	Breaker Position	Closed	
▲ 11/17/2000 08:02:42 457	Caps44kV	SEL351-7	IN101	Breaker Position	Open	
11/17/2000 08:02:48 932	Caps44kV	SEL351-7	IN101	Breaker Position	Closed	
▲ 11/17/2000 08:10:05 571	Caps44kV	SEL351-7	IN101	Breaker Position	Open	
11/17/2000 08:12:51 668	Caps44kV	SEL351-7	IN204	VS-71 Position	Closed	
▲ 11/17/2000 08:12:54 085	Caps44kV	SEL351-7	IN204	VS-71 Position	Open	
11/17/2000 08:12:55 469	Caps44kV	SEL351-7	IN204	VS-71 Position	Closed	
▲ 11/17/2000 08:13:10 974	Caps44kV	SEL351-7	IN204	VS-71 Position	Open	
11/17/2000 08:13:17 021	Caps44kV	SEL351-7	IN204	VS-71 Position	Closed	
▲ 11/17/2000 08:13:33 252	Caps44kV	SEL351-7	IN204	VS-71 Position	Open	
11/17/2000 08:20:13 100	Caps44kV	SEL351-7	IN101	Breaker Position	Closed	
11/17/2000 08:21:11 503	Caps44kV	SEL351-7	IN204	VS-71 Position	Closed	
11/17/2000 08:24:01 426	Bank1_LT	SEL351-7	LDP	Loss of Potential	Deasserted	
11/17/2000 08:24:01 427	Bank2_LT	SEL351-7	LDP	Loss of Potential	Deasserted	
▲ 11/17/2000 08:24:02 402	Caps44kV	SEL351-7	51P	51CXYZ Pickup	Trip	
▲ 11/17/2000 08:24:02 956	Caps44kV	SEL351-7	51PT	51CXYZ	Trip	
11/17/2000 08:24:02 973	Caps44kV	SEL351-7	51P	51CXYZ Pickup	Clear	
11/17/2000 08:24:02 990	Caps44kV	SEL351-7	51PT	51CXYZ	Clear	
▲ 11/17/2000 08:24:03 081	Caps44kV	SEL351-7	IN101	Breaker Position	Open	
▲ 11/17/2000 08:24:03 127	Caps44kV	SEL351-7	IN204	VS-71 Position	Open	
▲ 11/17/2000 08:24:03 961	Bank1_LT	SEL351-7	LDP	Loss of Potential	Asserted	
▲ 11/17/2000 08:24:03 962	Bank2_LT	SEL351-7	LDP	Loss of Potential	Asserted	
11/17/2000 08:26:04 771	Caps44kV	SEL351-7	IN101	Breaker Position	Closed	
11/17/2000 08:28:02 331	Caps44kV	SEL351-7	IN204	VS-71 Position	Closed	
11/17/2000 08:28:41 431	Bank2_LT	SEL351-7	LDP	Loss of Potential	Deasserted	
11/17/2000 08:28:41 436	Bank1_LT	SEL351-7	LDP	Loss of Potential	Deasserted	
▲ 11/17/2000 08:28:42 411	Caps44kV	SEL351-7	51P	51CXYZ Pickup	Trip	

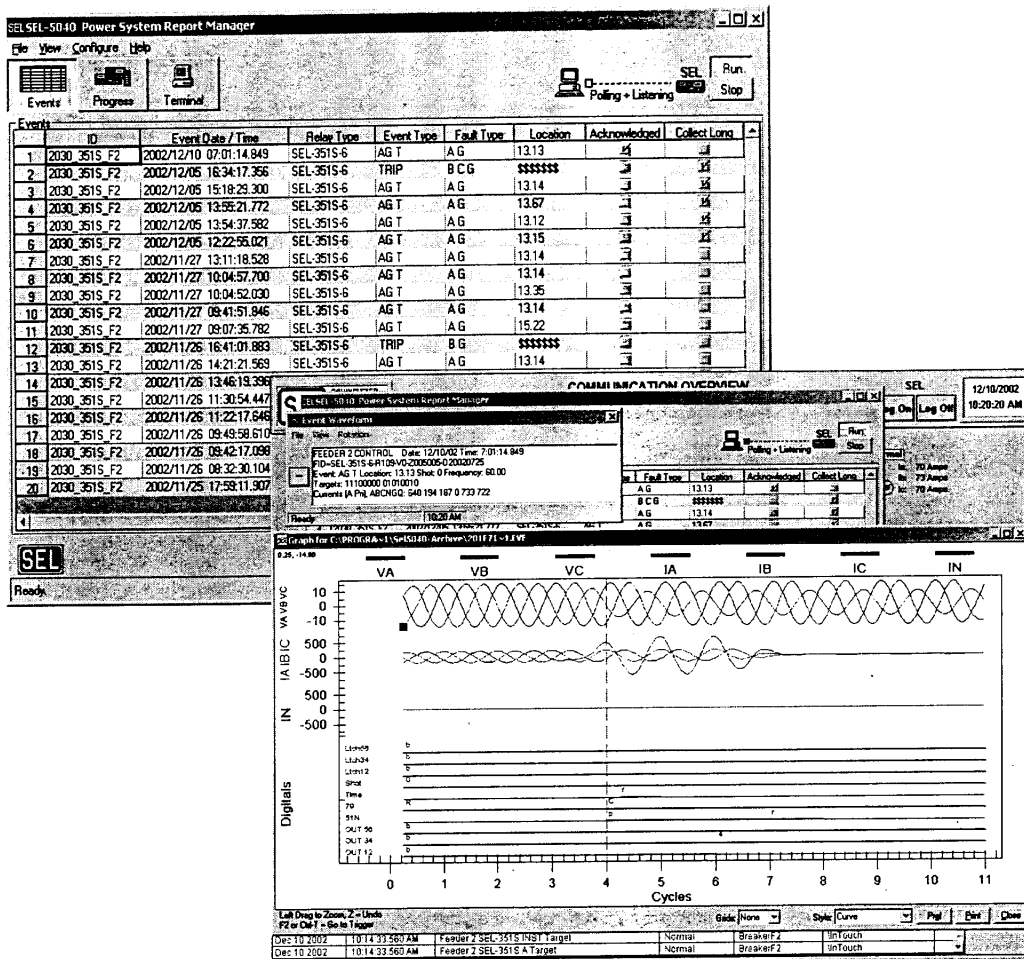
圖十三 事故收集器



圖十四 系統電壓及電流狀況



圖十五 事故時之電壓及電流波形

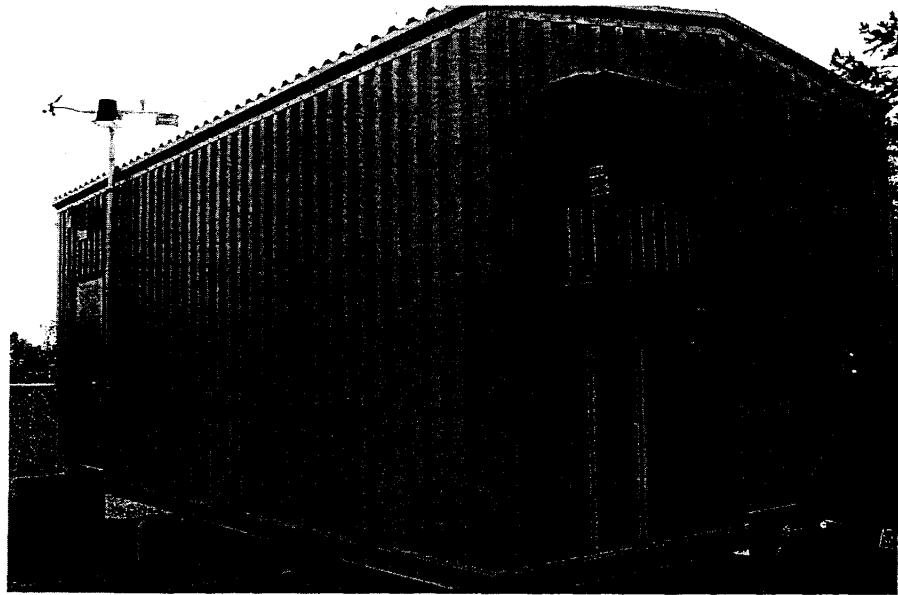


圖十六 自動事故報告收集及分析

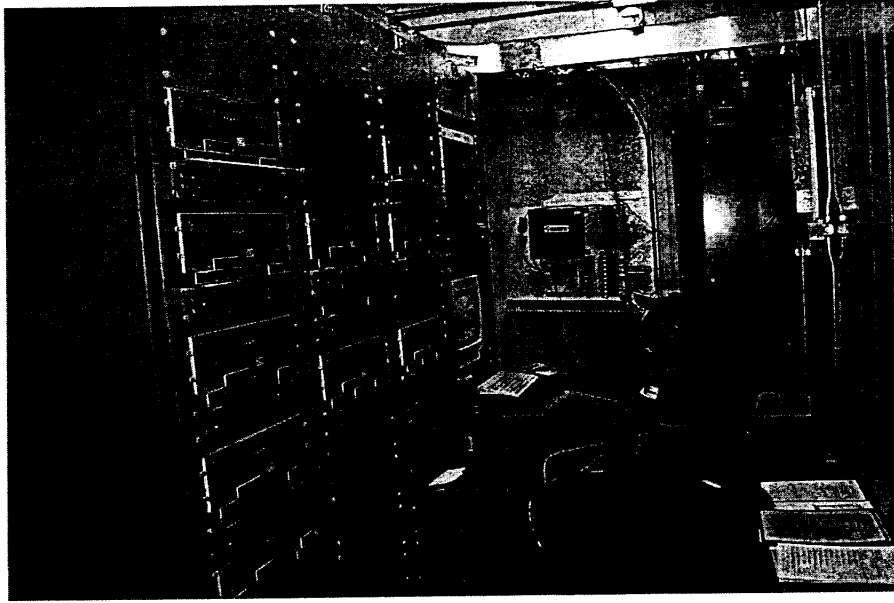
因此數位電驛提供了上述功能，將傳統電驛所有的功能加強外，並能夠將系統正常或異常之狀況迅速顯現出來，讓操作者能夠根據電驛提供的資訊作分析及判斷，將系統迅速恢復正常狀態。

三、控制屋設計 (Control House Design)

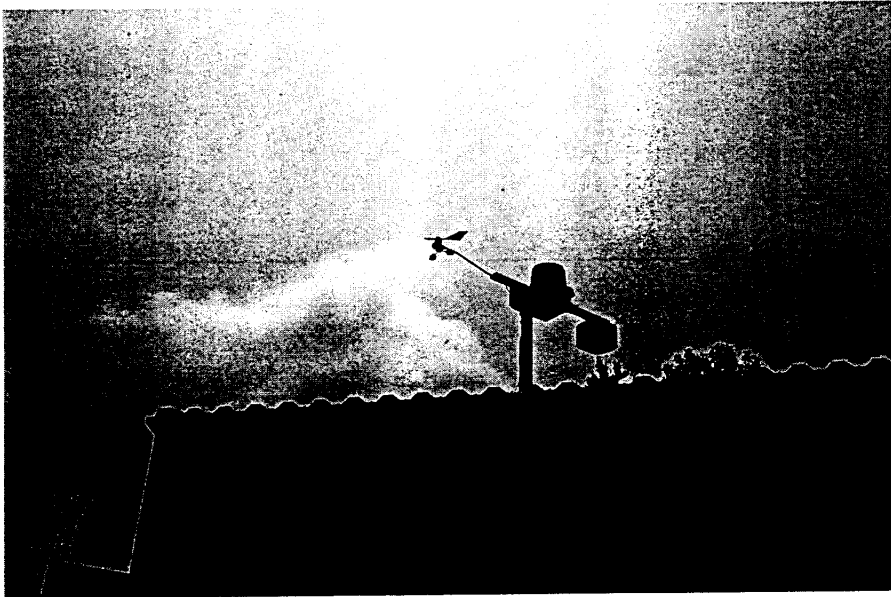
參觀 SEL 公司時，該公司的工程設計人員帶我們去北卡參觀該公司最新的產品-控制屋。傳統的電驛都是安置在建築物內，並建構其電驛盤，目前該公司打破傳統設計方式，他們利用貨櫃設計成一個控制屋，屋內所有的設備如氣象收集裝置、空調、保護電驛、事故收集器、監視器、電池室、控制盤等均安裝在此貨櫃中。當變電所完成後，就可以將此貨櫃安置在變電所中，只要將相關線路連接到此貨櫃中即完成系統保護功能，一方面縮短建變電所的時程，一方面如遇天然災害將控制保護電路毀損時，能夠迅速將其設備更換。控制屋之外觀及內部設備如圖十七～二十一所示。



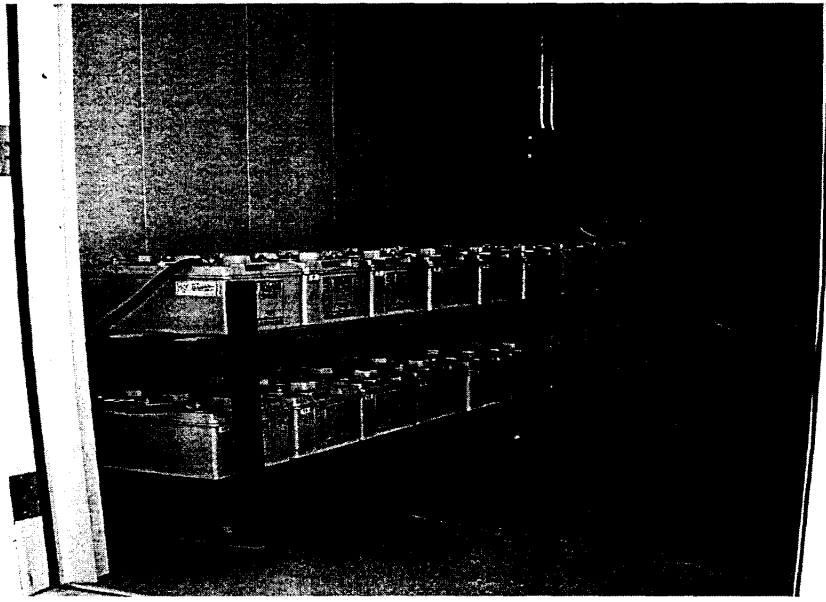
圖十七 控制屋外觀



圖十八 控制屋內部設備



圖十九 風向偵測設備



圖二十 電驛所需之直流設備



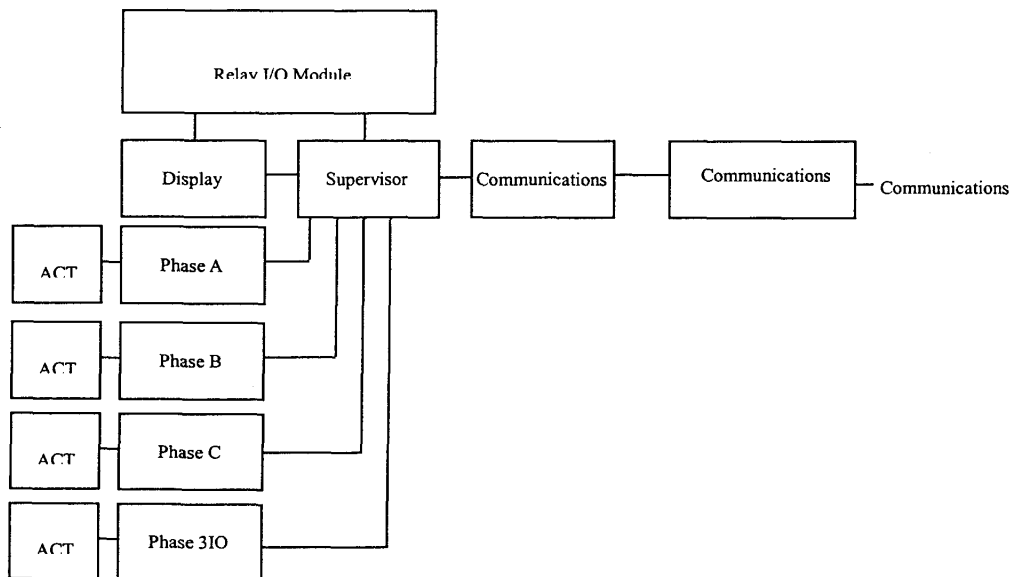
圖二十一 配電控制管路

伍、RFL 公司研習系統保護技術

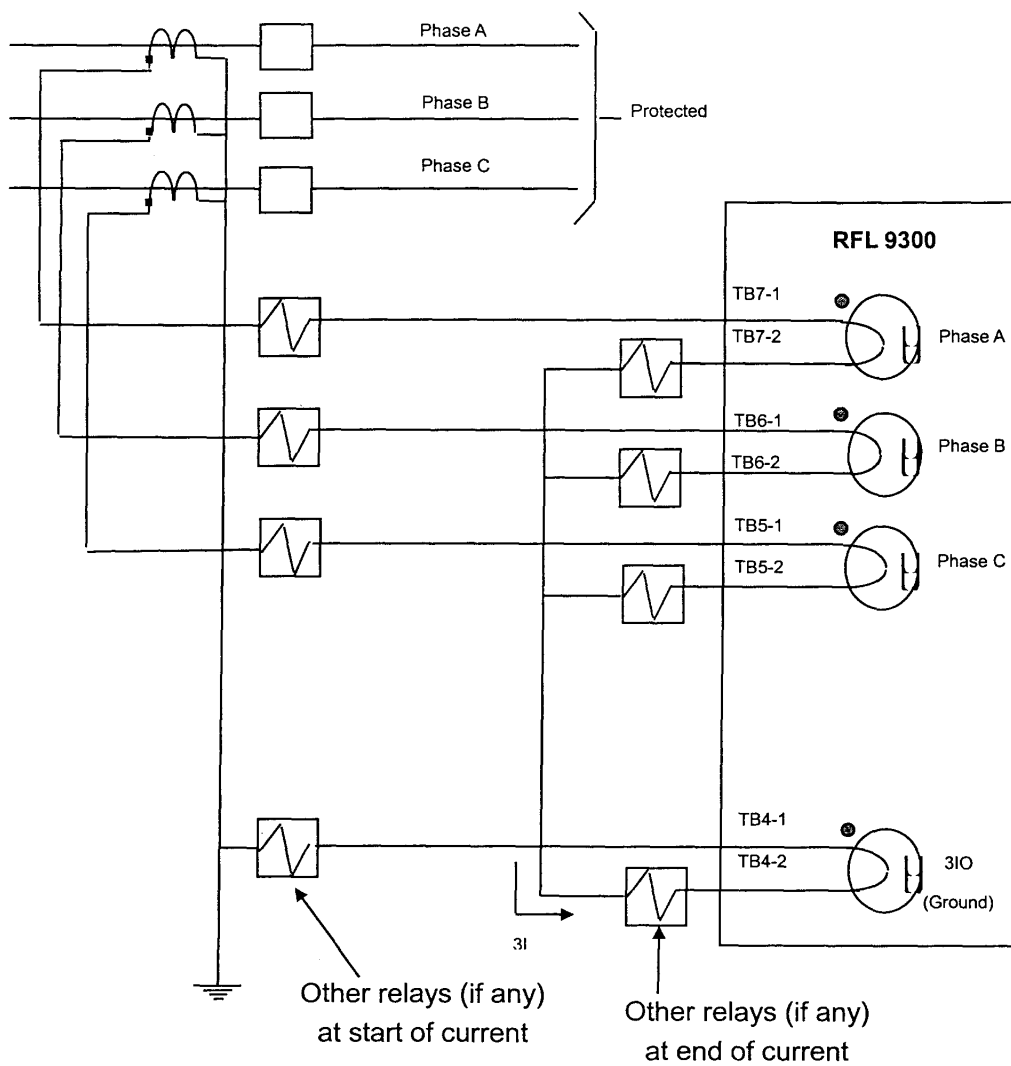
RFL 公司主要研習系統保護技術的課程，並介紹該公司利用電驛送出跳脫或復閉訊號，經由通訊網路控制斷路器動作，其相關部分茲分述如下：

一、差流電驛之介紹 (RFL 9300)：

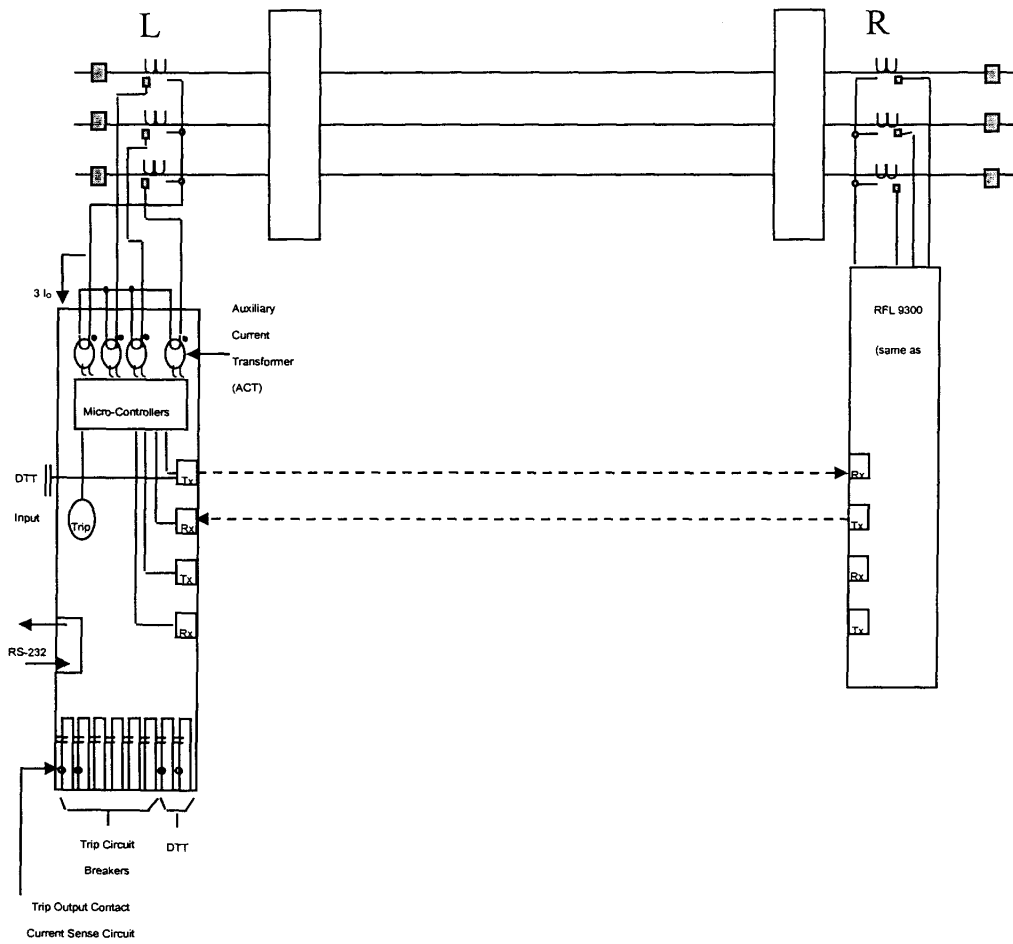
差流電驛之主要功能是偵測系統各相電流值，利用克希何夫電流定律（進入電網的電流等於流出電網的電流），系統兩端點利用比流器將系統電流取出，測量出線路兩端點電流值是否相等，若相等則系統未發生故障，若電流值不相等時，則表示系統發生故障，利用通訊技術，迅速將線路兩端斷路器打開，其電驛與系統連接方式。如二十二~二十四所示。



圖二十二 線路兩端點單一通訊頻道示意圖



圖二十三 差流電驛由 CT 取得電流示意圖



圖二十四 兩端點電驛連接圖

對於故障之偵測可分成靜態及動態故障兩類，其分述如下：

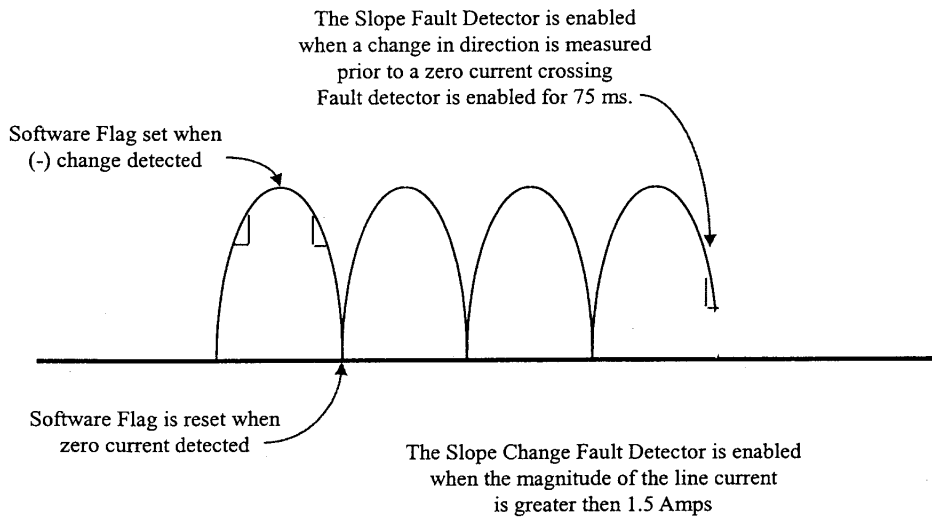
一、靜態之故障偵測：

1. 相間過電流系統故障偵測 (6A, 8A)
2. 接地過電流系統故障偵測 (0.5A, 1A)

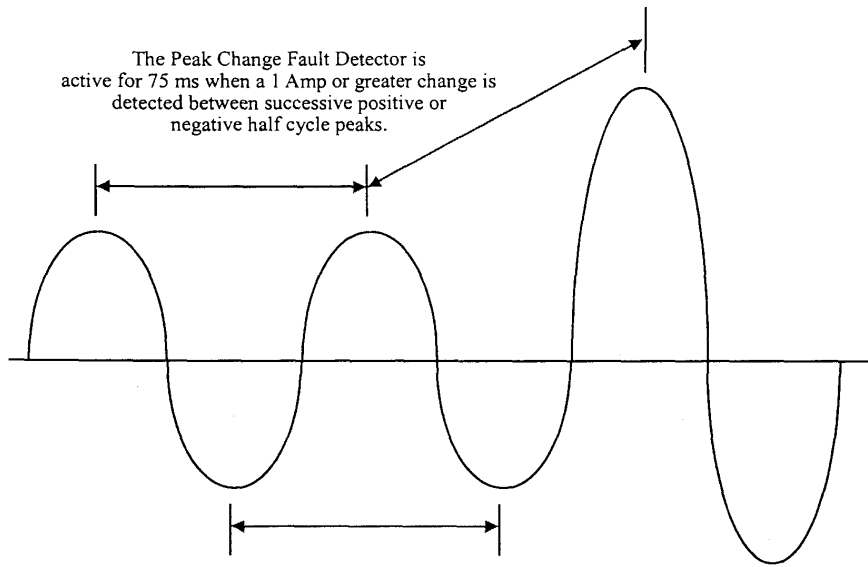
二、動態之相間接地故障偵測：

1. 斜率變化率，如圖二十五所示。
2. 尖峰值改變在 1A 以上，如圖二十六所示。
3. 脈波改變在 1 毫秒以上，如圖二十七所示。
4. 極性改變，如圖二十八所示。

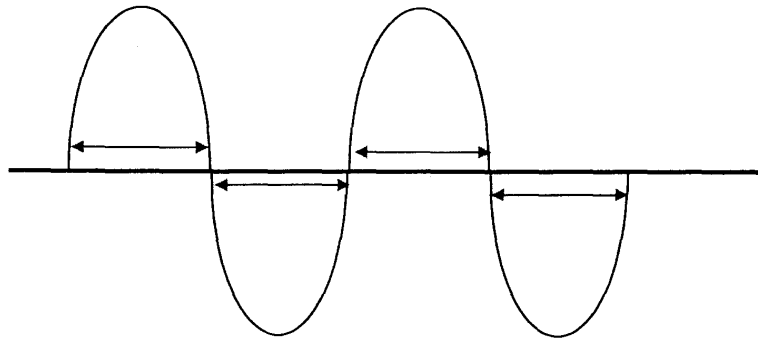
當差流電驛偵測到上述情況時，則電驛立即發出跳脫訊號送至斷路器中，將故障清除。圖二十九為電驛之邏輯判斷圖。



圖二十五 斜率偵測示意圖

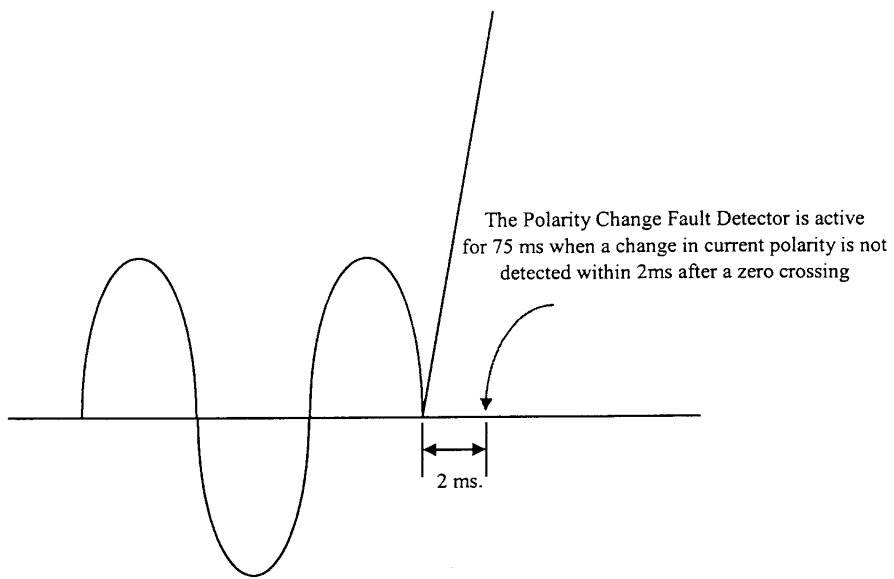


圖二十六 峰值偵測示意圖



+/- 1 ms change in either the positive or negative current half cycle will activate the pulse width fault detector for 75 ms.

圖二十七 脈波寬度改變示意圖



圖二十八 極性改變示意圖

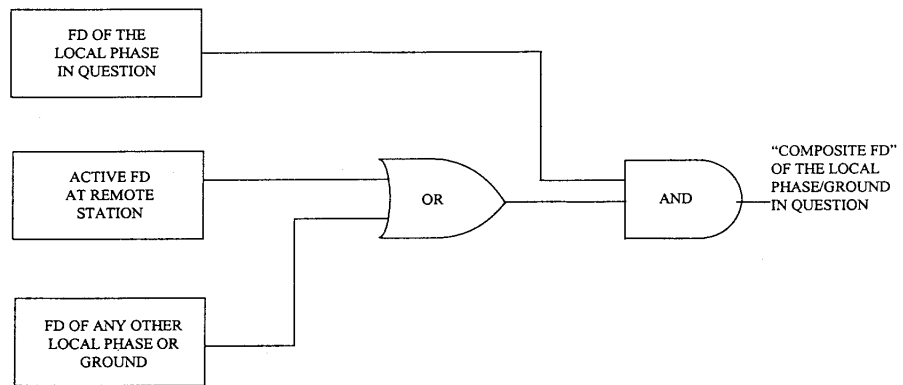
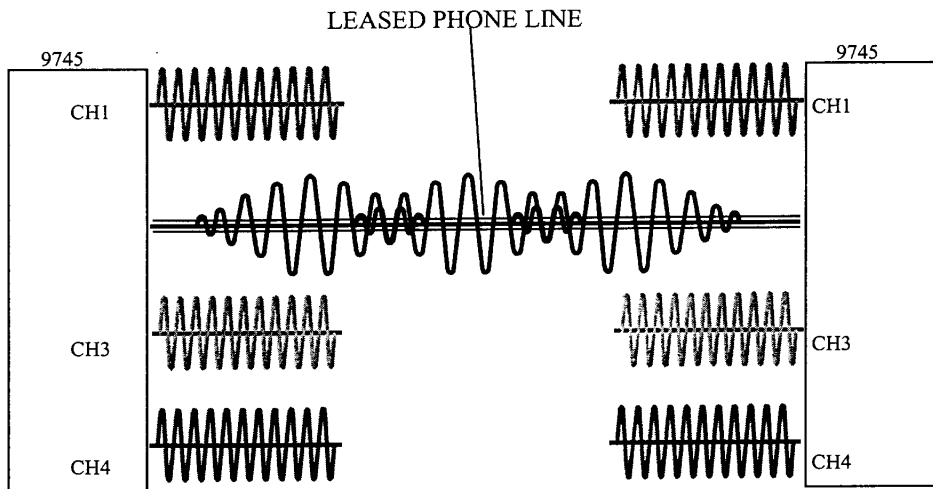


Figure 2-2. Logic diagram, composite fault detector

圖二十九 電驛邏輯判斷圖

二、遠端保護頻道 (Teleprotection Channel – RFL 9745)

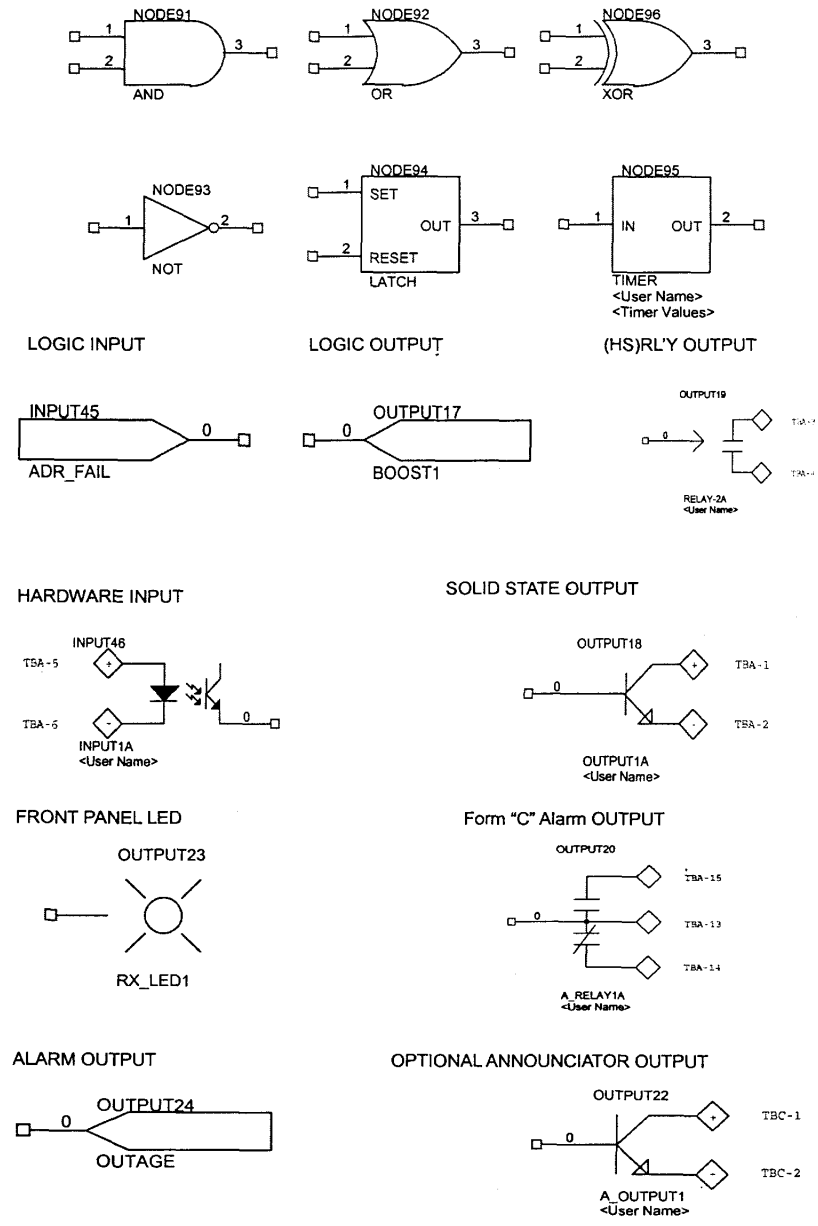
該產品 (RFL 9745) 利用音頻單元 (Audio Unit) 將跳脫訊號藉由音頻訊號送至另一端將斷路器開啟，該設備主要應用於輸電線跳脫控制、閉鎖及非閉鎖回路控制等方面，分別提供數位及類比訊號傳輸。圖三十為通訊傳輸訊號示意圖。



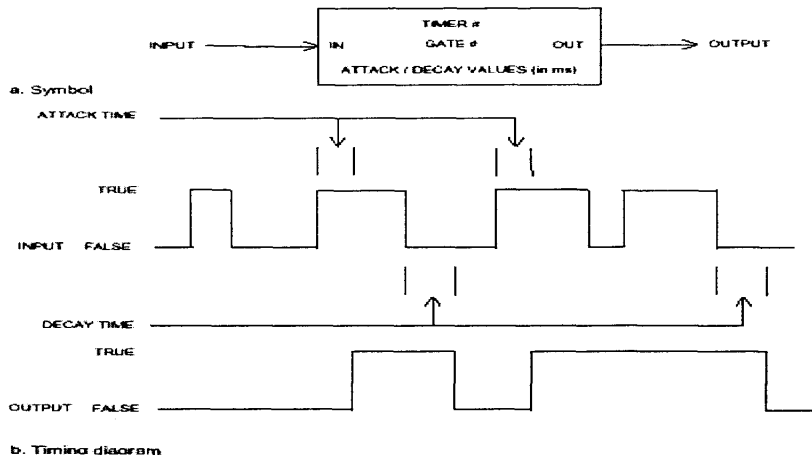
圖三十 通訊傳輸訊號示意圖

由於傳統可程式控制器需記一些程式指令，結合邏輯流程寫出程式，但判斷是否錯誤時須直接在機器上測試，目前 RFL 公司將其邏輯電路利用 ORCAD 軟體繪出其組織架構，並在該軟體中模擬測試，繪出其時序圖，藉由時序圖可以清楚瞭解到本身邏輯是否正確，如核對無誤時，將該邏輯圖編譯成機械語言，送至該電驛去執行，或是客戶提出規範，由 RFL 撰寫邏輯圖，並將該圖測試，以滿足客戶需求。

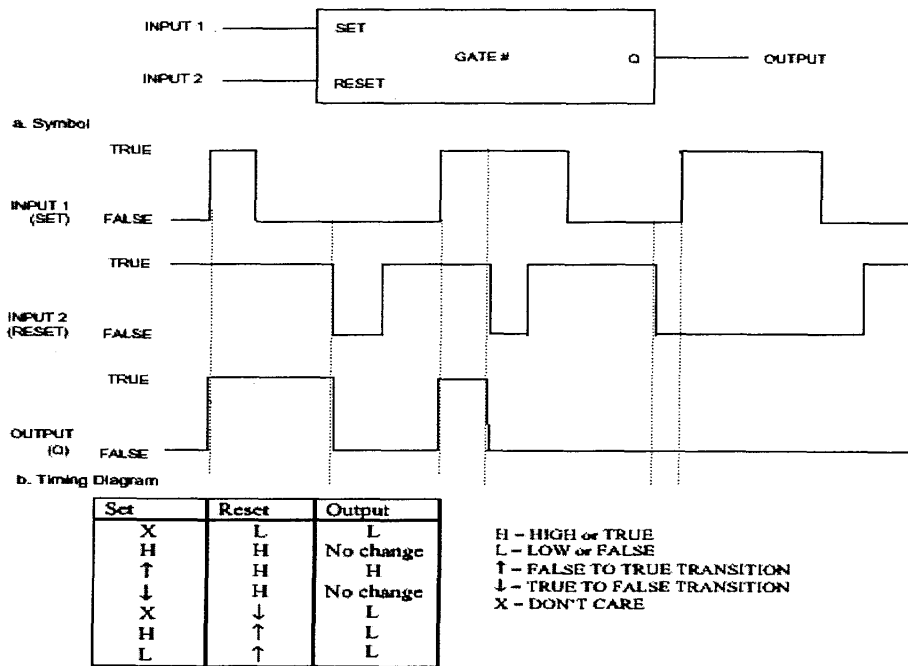
圖三十一該邏輯表示符號，圖三十二~圖三十三為各元件時序圖，圖三十四為邏輯語法表示圖。



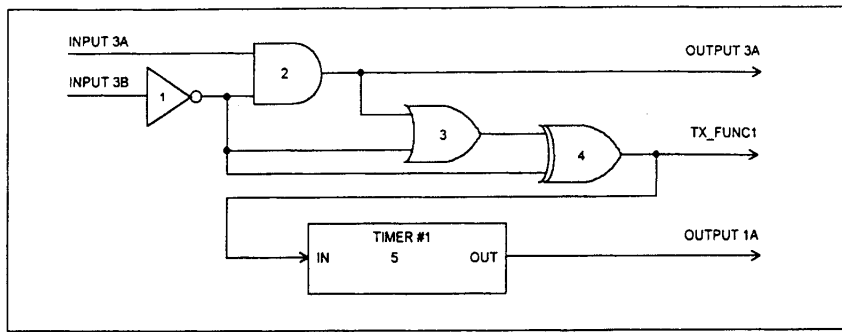
圖三十一 9745 Expert System Logic Symbols



圖三十二 計時器之時序圖



圖三十三 閉鎖電路之時序圖



#	Gate:	Input 1:	Input 2:	Output:
001	NOT	INPUT3B	#0	
002	AND	INPUT3A	NODE1	OUTPUT3A
003	OR	NODE1	NODE2	
004	XOR	NODE3	NODE1	TX_FUNC1
005	TIMER	NODE4	1	OUTPUT1A

圖三十四 Logic Table Syntax

因此藉由 RFL 公司所生產的通訊設備，並結合電驛裝置，對於輸電線路兩端子或三端子之網路結構，加以監測及保護，使停電事故發生之機率降至最低。

陸、心得與建議

感謝公司提供如此絕佳學習機會，亦感謝處內長官與同仁的協助，才能圓滿達成此趟任務。此次學習期間，看到許多新的設計，在日本東京電力公司之中，瞭解目前東京電力公司如何應用特殊保護系統技術於系統中，以避免因系統發生故障時而造成系統大停電，並參觀已經運轉二十年以上的城南變電所，它的位置在地下三層樓，上方為商業住宅區，所有的電器設備都在地下三層之中，也順道瞭解該公司的電能管理系統（EMS）之設計及架構。

在 SEL 公司看到許多新的電驛設計理念，並結合數位信號處理的技術，將系統資料量化，並結合通訊技術，將變電所相關資訊傳回至中央控制端，如有事故發生時，中央控制端可將現場資料直接上傳，不需要再派工程師到現場取得事故資料，電驛標置人員亦可利用通訊網路作標置設定；並且 SEL 公司安排我們到北卡參觀該公司設計的控制屋，將所有保護電驛裝置安裝置貨櫃內，一方面節省新建變電所的時間，一方面可以節省成本。

在 RFL 公司瞭解整合型電驛（IED），且該公司利用電腦程式（ORACD）繪製邏輯圖，並將該圖載入到電驛之中，將傳統可程式控制器（PLC）的功能加以改良，並以應用在該公司產品中，並在現場實際測試及示範，對於該公司產品留下深刻的印象。

在這次行程中，一方面對於特殊保護系統有更深一層的認識之外，也瞭解到目前電力界發展的趨勢已逐漸邁向數位化，並結合控制、通訊等相關技術，將傳統體積龐大的電力設備，進步到體積小且能迅速判斷系統情況，當系統發生問題時，能夠迅速處理，將事故造成系統之衝擊影響降到最低，而特殊保護系統之技術就是依循此種設計方式將系統設計到盡善盡美，以期達到穩定運轉之目的。

建請公司繼續派員參加各項國際電力的訓練課程，讓工程師瞭解到目前電力發展的趨勢，並研習新的理論及技術，對於系統分析及保護有極大助益，並將新的知識應用到目前的工作上，使我們的系統能夠更穩定運轉，以提供穩定供電。